

ベイズ深層学習を用いた予報雨量の不確実性を考慮した ダム流入量の確率的予測

山梨大学 学生会員 ○三浦 奈都

山梨大学 正会員 宮本 崇

八千代エンジニアリング株式会社 正会員 天方 匡純, 安野 貴人, 石井 明

1. はじめに

防災上重要であるダムの高水予測には、物理モデルの他に近年は深層学習に代表される統計モデルも活用されている。本稿では、深層学習を用いたダムへの流入量の予測における、予報雨量の誤差がもたらす予測結果の不確実性を表現する手法として、ベイズ深層学習モデルの適用を提案し、その性能を検証した結果を報告する。

2. 手法

本研究ではダム流域における降雨量を入力値とし、ダムへの流入量を出力値とする深層学習モデルを作成した。入力データとして、「現時刻までの実績雨量」「現時刻までの実績雨量と予報雨量に見立てた解析雨量」「現時刻までの実績雨量と実際の予測雨量」の3ケースを設定して検討を行うことにより、入力となる雨量データの質が予測精度に及ぼす影響を評価した。ケース2は、解析雨量を予測雨量に見立てることにより、予測降雨が完全にわかっているという状況を想定している。検討においては、現時刻より過去にさかのぼって利用する時間を「Usage Time」、現在から予測したい時間までを「Lead Time」とし(図1)、この2つの時間をパラメータとして変化させた。

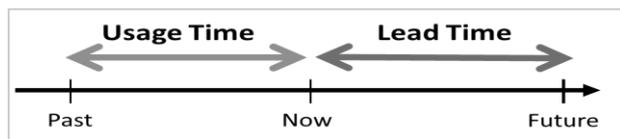


図1. 現時刻を基準とした時間の表現

3. 結果

3.1 ケース1の検討結果

ケース1では、入力値に現在までのUsage Time分の実測雨量のみで学習・予測を行うモデルを作成した。検討からは、Lead Timeが長くなるほど精度が低下することと、Usage Timeが3~4時間以上になると、精度に大きな影響を与えないことが明らかになった。更に、Lead Timeが伸びるほど、過小評価が増える共に、予測の山が後ろにずれることが明らかになった。

(図2)。ケース1の予測結果としては、1時間後までの予測のみが可能であり、それ以上の予測は実用的なものに達していなかった。本研究で述べている精度は、元データと予測結果の相関係数である。

表1. ケース1の精度

	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	L=6
U=1	0.96	0.90	0.85	0.79	0.70	0.68
U=2	0.97	0.92	0.87	0.79	0.74	0.69
U=3	0.97	0.92	0.85	0.80	0.74	0.68
U=4	0.97	0.92	0.86	0.81	0.74	0.70
U=5	0.97	0.92	0.86	0.81	0.72	0.69

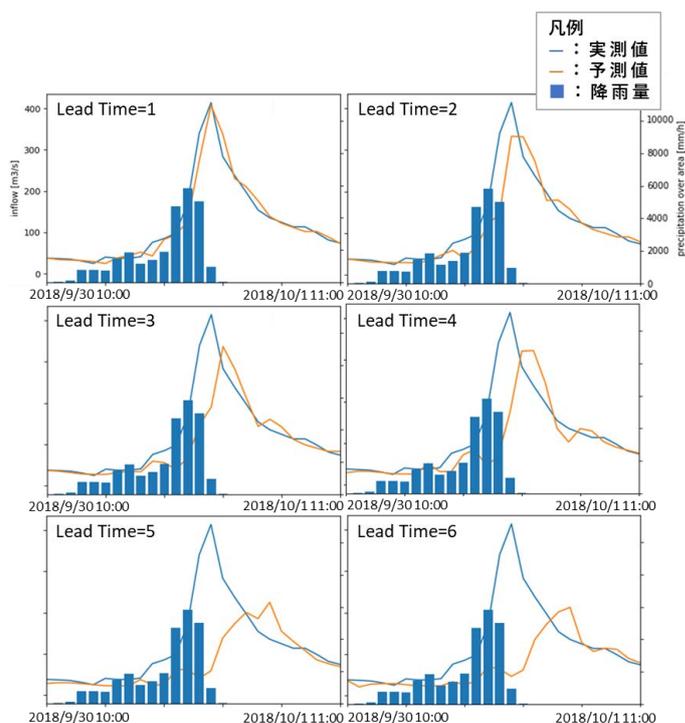


図2. 2018年台風24号時の宮ヶ瀬ダム流入量予測

3.2 ケース2の検討結果

ケース1からUsage Timeが精度に与える影響が小さいことが明らかになったため、ケース2以降はLead Timeがいくつであっても相関が比較的安定していたUsage Time=3, 4のみで検討を行った。予測雨量が完全にわかっているという本ケースの状況では、ケース1と比較すると予測のずれが減少するこ

キーワード：ダム流入量予測, 人工知能, ベイジアンニューラルネットワーク

連絡先：山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学 宮本 崇 tmiyamoto@yamanashi.ac.jp

とが明らかになった。さらに流入量のピークの位置もおおよそ捉えることができた。しかし、将来の降雨が完全にわかっている状況を仮定しても完全な予測を行うことはできなかった。

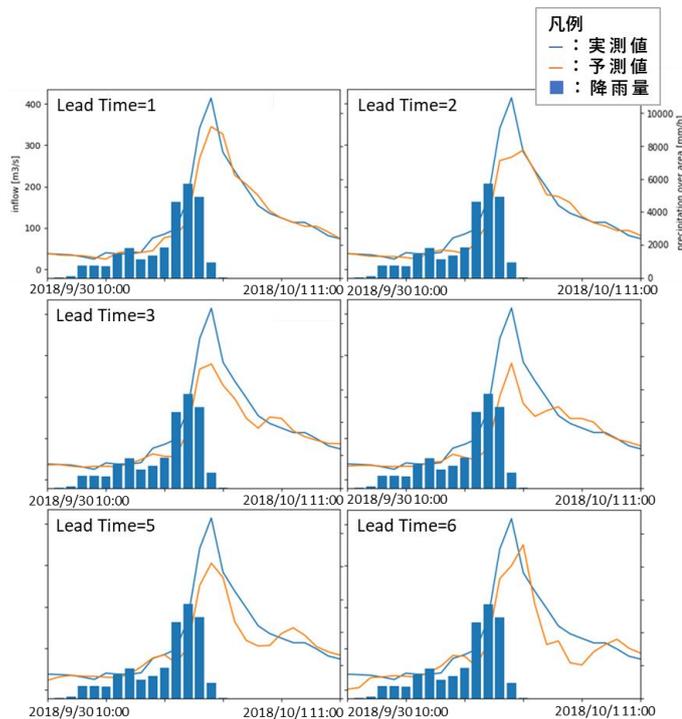


図 3. 2018 年台風 24 号時の宮ヶ瀬ダム流入量予測

3.3 ケース 3 の検討結果

ケース 3 では精度向上とともに、予報降雨の不確実性の影響も考慮したモデルを作成するためにベイジアン NN を用いた。ベイジアン NN は、入力である降水短時間予報の誤差と、モデル自体の誤差、また学習データ量の多寡に応じて、予測の不確実性をベイズ則に応じて評価するモデルである。ベイジアン NN の実装にはモンテカルロドロップアウトを用いて 500 回の試行を行い、ランダムにノードを無効化して行った予測結果を用いて予測結果の平均と標準偏差 σ を求めた。

図 4 は、予測結果の平均値 $\pm 2\sigma$ の範囲を描画したものである。図からは、雨がなく流入量が安定している区間では予測の不確実幅が小さく、一方で強い雨が生じた区間では幅を持った予測となっていることが分かる。また、6 時間という長期のリードタイムを設定した場合も、実際の流入量を予測の幅に収めることが可能であることが検証された。

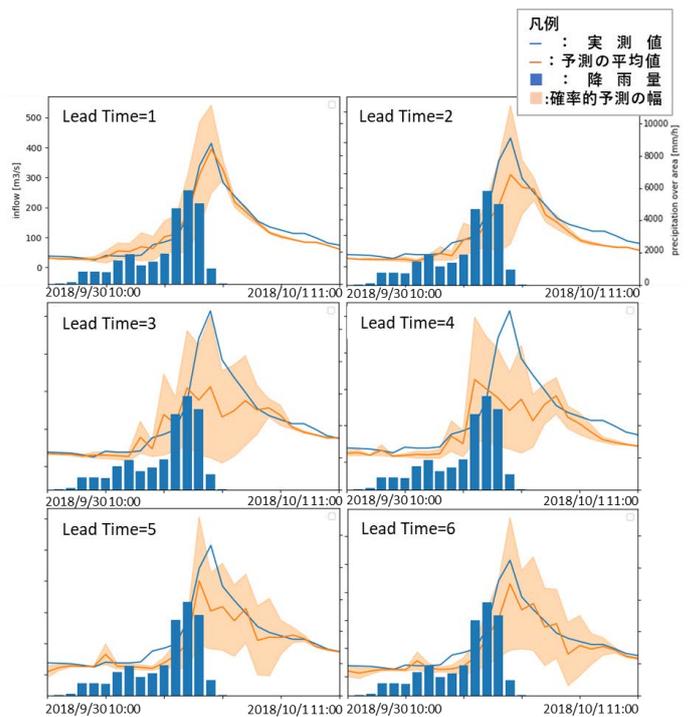


図 4. 2018 年台風 24 号時の宮ヶ瀬ダム流入量予測

4. 考察

本検討を通して、ダム流入量予測には過去の雨量だけでなく未来の雨量も必要な要素であることが明らかになった。また、ベイジアン NN を用いることで、予測の不確実性を表現することが可能であることが検証された。今後はより一層の精度の向上を図る。

5. 謝辞

本研究の実施に当たり、国土交通省関東地方整備局相模川水系広域ダム管理事務所から多くの協力を賜りました。記してここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 天方匡純, 安野貴人, 藤井純一郎, 嶋本ゆり, 大久保純一. IoT を想定したダム流入量予測精度向上にかかわる研究. 2019
- 2) Yarin Gal, 他. Dropout as a Bayesian Approximation: Representing Model Uncertainty in Deep Learning. 2016
- 3) Python によるベイズ統計モデリング PyMC でのデータ分析実践ガイド. Osvaldo Martin. 著 金子武久. 訳, 共立出版株式会社, 2018